CFS CANADIAN FOREST SERVICE

Forest Health & Biodiversity News

Volume 10, No. 1, Spring 2006

Recovery of Native Biodiversity under Forest Plantations

The role of planted forests (e.g., native species adapted to the forest regions of interest) and forest plantations (e.g., usually monocultures, often using exotic tree species) in biodiversity conservation is a controversial issue. There is no single or simple answer to the question: Are forest plantations good or bad for maintaining biodiversity? In general, people perceive aesthetic advantages to natural forests, and view plantations in a negative light. Rows of tall, straight trees with very little structural and compositional diversity are often neither aesthetically pleasing, interesting, nor are they particularly rich in biodiversity. Clearly, if mature forests composed of rare, late-successional species mixtures are replaced by single-species conifer plantations, forest biodiversity will experience a serious, although not necessarily permanent, setback. However, there are also many examples where planted forests and plantations can benefit biodiversity conservation by connecting natural forest patches on the landscape; thereby facilitating dispersal and gene flow among smaller, isolated populations that might otherwise not survive in a highly fragmented landscape. Plantations can serve as nurse crops, allowing shade-adapted, late-successional species to develop. They can also protect riparian habitats, restore the ecology of degraded sites, and improve the quality of water, air, and soil.

Natural succession from bare land (a) to pine plantations (b and c) succeeded by pre-settlement, late-successional forest types (d).

Extensive areas of eastern Canada – once dominated by biologically rich, late-successional, temperate-zone, mixedwood and hardwood forests were cleared for agriculture during the period of European settlement from 1700 to 1900. Some of the resulting desertification can still be seen today. Figure a shows an old eastern white pine (*Pinus strobus*) stump with its root system exposed after severe wind erosion following deforestation. Such erosion has occurred over large areas of

Continues on page 5

On the track of the past of our conifers 2

Technology Transfer and Forest Health, Getting the Research Out There 3

Potential Decrease in Forest Site Productivity Caused by Whole-tree and Biomass Harvesting 4

Publication Sales Agreement #40035189

Return Address
Atlantic Forestry Centre
P.O. Box 4000
Fredericton, N.B., Canada

Natural Resources Canada | Ressources naturelles Canada

Canada

2007-05637/

During the Pleistocene, North America was subjected to several glaciations. The last one reached its maximum about 18 000 years ago and the ice sheet covered almost all the Canadian territory. Hence, most species were confined to areas south of the ice front. From these locations, they have spread northwards to build up a set of populations that together now form their natural range. Historical biogeography attempts to unravel the spatio-temporal dynamics of natural populations. Inferences about the past were traditionally made from the analysis of the fossil record. Since the last decades, phylogeography, an extension of biogeography science, takes also into account the geographic distribution of genetic variation to establish the species past history.

Molecular markers, especially cytoplasmic (mitochondrial and chloroplastic) markers, are powerful phylogeographical tools for testing hypotheses about the existence of more or less isolated glacial refugia and of postglacial colonization routes. Extant populations derived from genetically distinct refugia are likely to conserve a genetic imprint after postglacial expansion. By comparing imprints from diverse species, one can infer the number of different glacial refugia and the postglacial colonization history.

In *Pinaceae* (most conifers), mitochondrial DNA is maternally inherited and dispersed through seeds exclusively, whereas nuclear and chloroplast DNAs are dispersed through both seeds and pollen. It follows that gene flow should be reduced for mitochondrial DNA markers and the imprints of ancient genetic structures established at the time of glacial periods should still be visible in the modern structures.

Over the last two years, we carried out phylogeographical studies of a few major boreal forest tree species using polymorphic mitochondrial DNA markers that were developed in our laboratories. The mitochondrial genome is the least polymorphic among the three genomes present in plants and this feature is a major obstacle to identify markers showing variation within species. But our intensive genome sampling efforts were rewarded by the discovery of highly informative markers.

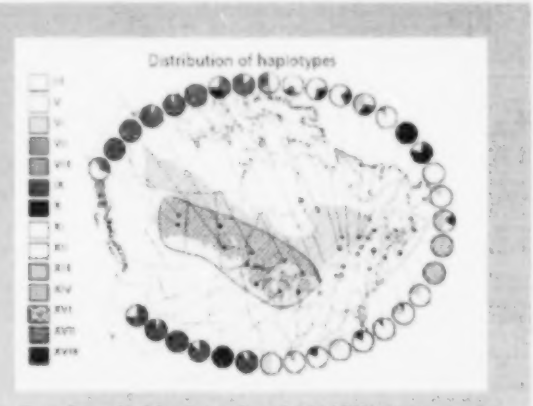


Fig. 1. Geographical distribution of mitochondrial DNA mitotypes in jack pine populations and groups of populations presumably originating from distinct glacial populations.

Fig. 2. Glacial populations (circles) and postglacial colonization routes inferred for jack pine from fossils and mitochondrial DNA data.

By examining the modern population structure of jack pine (*Pinus banksiana*) mitochondrial DNA diversity along its natural range (Fig. 1), we could delineate three relatively homogeneous groups of populations presumably representative of genetically distinct glacial populations. The first one (dominated by the blue mitotypes) covers the region extending from Lake Huron to the Yukon. The second one (dominated by the yellow mitotype and its close allies) is located in the southeast and mainly gather populations located in eastern Ontario and south of the St. Lawrence River in Québec. The third group (dominated by green mitotypes) is located in the Maritimes. A last distinct group could also be observed in central Québec (north of the St. Lawrence River), which harbours a higher level of genetic diversity within populations and a lower degree of population differentiation than other groups. Such pattern indicates that this region is a zone of contact between the migration fronts of the three ancestral populations colonizing the three other zones.

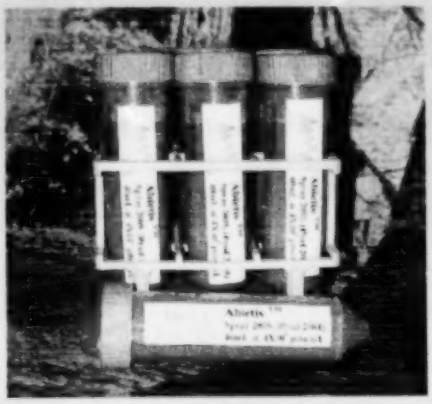
The available fossil record and the strong population structure highlighted by our study made it possible to put forward hypotheses regarding the number and the location of populations and refugia for jack pine during the last glacial maximum (Fig. 2). Because of the startling differences between western and southeastern populations, one hypothesis is that there was a glacial population located west of

Continues on page 6

Natural Resources Canada's Canadian Forest Service (CFS) has been active in forest health and biodiversity research since 1899. What makes CFS remarkable as a research organization is its ability to get the data and the knowledge generated by the research out to forest management practitioners. Many organizations do great research that helps answer questions about our forested ecosystem, but what matters is getting the research transferred in a timely manner to those who need the information, the technology, and the tools that are developed through application of the research.

A broad view of technology transfer is taken within the CFS. In the university and business communities, technology transfer refers primarily to protection of a technology and its subsequent transfer through licensing. At CFS, our technology transfer may be better referred to as knowledge transfer: getting the information off the lab bench and out of the scientific paper into the field. This can be accomplished through various mechanisms, including seminars, workshops, field tours, technology and information notes, articles in the industry press, and traditional protection and licensing. The idea is to match the transfer method to the technology and the needs of a potential user. If the research deals with improved thinning methods to increase the disease resistance of a certain tree species, potential users may be forest managers on public and private lands. In such a case, patenting and licensing the information would be neither effective nor appropriate for getting the information to potential users because such information cannot be protected by patent, and it is unlikely the target group of users would take out a licence. Furthermore, it would be practically impossible to enforce the licence. However, having a seminar with a field trip to a demonstration area would much more effectively transfer the learning that was gained as result of doing the research to the intended users.

Patents can be very useful when dealing with a technology that needs further development by a manufacturer, before manufacturing. If the technology is destined to be delivered by a third party, through a machine, computer program, or formulation, then protection and licensing make sense. Any third party planning to get involved in creating a technology will need some assurance of exclusivity. One type of technology that lends itself very well to this approach would be a chemical formulation for pest management. The fabrication, sales, and distribution of a pest management formulation is best done through a private-sector third party. The best way to attract a possible licensee is to offer the opportunity to make and sell a product with the assurance that it cannot legally be copied by a competitor.



Abietiv™, a virus used to control balsam fir sawfly, was developed by CFS - Atlantic and licensed by Forest Protection Limited.

The form of intellectual property protection depends on the technology. A chemical or machine is easily patented, whereas software is not. Software is normally protected through copyright. The protection of naturally occurring viruses used in pest management cannot be easily patented either, but they do require registration to be used in Canada or the US. The registration process is long and costly. Through licensing, a company obtains the possibility of using a formulation (that CFS has registered) while maintaining competitive advantage. Also, a prior registration may be an attractive incentive if the area of use of the formulation is very limited, and the cost of applying for and maintaining a patent is perhaps not justified. In some cases, simple protection of a trade name th[illegible]. Trade Mark registration is sufficient to interest a commercial entity.

The CFS has been involved with the protection and licensing of technologies for the last 15 years or more. The main reason for licensing technology has not been to generate revenue, but rather to add value to the research that we do and the knowledge that we generate as part of our mandate to support the competitiveness of the forest sector. One of our longest running licences is for the Luminoc® insect trap.

The licensee, Comlab Inc. in Quebec City, manufactures and sells Luminoc®, which is a patented technology. Another technology that was collaboratively developed by the CFS and industry is *Chondrostereum purpureum*. This fungus is used as a biological control agent for deciduous plants. The technology was developed in collaboration with Mycologics Inc., a small University of Victoria start-up company that is currently negotiating a license for the technology.

Researchers at the CFS - Atlantic Forestry Centre discovered a naturally occurring virus that is able to control the balsam fir sawfly. Because of the very limited market for this product (this pest is currently a problem only in Newfoundland and Labrador), a patent was not justified. Thus, a licence for the registration of Abietiv™ was negotiated with Forest Protection Limited (FPL), which possessed the necessary experience in aerial spraying to offer Abietiv™ to their clientele.

The transfer of CFS technology is directly related to our mission to improve the sustainable management of Canada's forests. By transferring the technology through various means, forest managers are able to gain access to new tools to improve the state of our forests. The CFS's efforts in research and technology transfer have ensured that Canadians, including our clients, receive practical value and benefit, leading to a healthy forest and a strong forest sector.

Joseph Anaiwati,
Headquarters, Canadian Forest Service

A recent survey found that most waste biomass (sawdust, shavings, and bark) from forest manufacturing in Canada is already being used for energy production. Thus, speculation that forest biomass could support an increased portion of the nation's energy requirements, means that waste residues from forest harvesting (FH) sites would have to be used.

Machine harvesting systems vary across Canada, with less expensive full-tree (FT) methods predominating in central and western Canada, whereas cut-to-length (CTL) harvesting is the primary method in the Maritimes. In Ontario and the west, large amounts of FT nutrient-rich harvesting waste, previously burned at the roadside, is now viewed as easily accessible biomass fuel that could be used to supply large, permanent (Dynamotive Canada) and small, mobile, truck-mounted "fast pyrolysis" plants, which can produce cheaply transported "bio oil." This bio oil is the first step in converting bulky biomass into liquid fuel.

In Sweden and Finland, CTL methods, which randomly distribute harvest residues and the plant nutrients contained in them, are the main FH method. Taxation, designed to conserve expensive fossil fuels and to satisfy Kyoto greenhouse gas emission commitments, encourages the collection of nutrient-rich harvest waste residues to fuel huge (500–700 Mw) combined heat and power (CHP) plants in Finland. This has led to the development and widespread use of bundling machines to bale unmerchantable wood and high-nutrient tops, branches, and thinnings for efficient handling and transport out of the forest. The removal of harvesting slash from cut blocks also decreases the cost of site preparation for planting.

Forest biomass from New Brunswick is already being marketed to CHP plants in Maine, and bark is exported to a pellet plant in Nova Scotia. Pulp and paper mill closures have forced a reduction in prices paid for wood. Furthermore, with the advent of a $0.01 per kilowatt hour federal Renewable Power Production Incentive (RPPI), there is increasing interest in the use of biomass for electricity, heat, and liquid motor fuel.

The slash bundling machines from Europe are being demonstrated and advertised in North America. Two bundles of harvesting slash have the energy equivalent of about one barrel of oil or 170 m³ of natural gas. When bundling machines are operating at peak efficiency, the processing cost of a barrel of oil equivalent (BOE) of forest biomass from a CTL site can be as low as $12–$14. As non-renewable energy scarcity continues to escalate prices for conventional fossil energy, there will be increasing pressure to collect harvesting residues, which have a much higher nutrient content than wood removed for pulp, saw timber, and veneer.

Studying soil solutions after forest harvest.

There is abundant historical evidence that the gathering of nutrient-rich foliage from European forest floors, used as livestock bedding and then spread on agricultural fields in periods before commercial fertilizers were available, caused serious changes in tree species composition, decreased biodiversity and forest growth, and increased soil acidification and nutrient depletion. Coordinated, large-scale studies in New Zealand and the United States 25 years ago, dealing with various levels of biomass removal from FH sites, substantiated these earlier observations concerning forest soil impoverishment in Europe. Recent research results from Finland, showing 8–12% declines in growth rates of rotations of pine and spruce that follow FT harvest, indicate that removing nutrient-rich slash from many forest sites would not be sustainable. Studies in the Maritimes raise concerns, about the maintenance of long-term productivity on a few poor sites, connected with calcium removal by even stem-only harvesting (with nutrient-rich bark attached), but FT methods have been flagged as problematic on many site types because of the significant removals of calcium, nitrogen, and potassium in the small branches with high bark to wood ratios and the attached foliage. Acid rain can cause nutrient depletion on poor sites in the absence of any harvesting, and this depletion is exacerbated by planting shallow-rooted conifers whose foliage is very acidic. Although some operations in northern Europe let forest harvest residues dry out for several months before they are gathered and moved off site, so that much of the nutrient-rich foliage falls to the ground, to date there are no guidelines anywhere in Canada for minimizing the risk of reducing long-term site productivity by biomass removal. Protestations by proponents of harvesting waste collection, that nutrient removals can be remedied by addition of chemical fertilizers, neglect the prohibitive increase in fertilizer costs as the price of non-renewable energy increases and its availability decreases.

In contrast to the obvious problems of nutrient removals with FT harvesting methods and slash bundling, CTL methods distribute tops and branches, which shield the soil from direct sunlight after harvest. Excessive heating, rapid microbial decomposition, and nutrient leaching out of the root zone occur until early successional non-crop vegetation has become established on FT harvested sites. Soil heating, as a result of the removal of harvesting slash, has been found to penetrate deep into the soil profile. Alternative harvesting methods, which limit the size of canopy openings to a width of less than two tree lengths, lessen the severity of post-harvest soil heating.

Overall, our recommendation is that more expensive CTL harvesting methods should be increasingly adopted across Canada, especially on nutrient-poor sites, in the interest of maintaining long-term site productivity. Great caution should be applied to forest harvesting that removes anything other than stem wood.

Taumey Mahendrappa and
Peter Salonius
Atlantic Forestry Centre

Continued from pg 1... Recovery of Native Biodiversity

central Ontario. Many of these areas were planted with red pine (*Pinus resinosa*) from 1910 through the Depression era of the 1930s to protect sites from further wind erosion. As these pine plantations matured, many were abandoned as a wood supply for the pulp and paper industry because red pine is poorly suited to paper making. These abandoned plantations provided a canopy cover or "nurse crop" for the reestablishment of native biodiversity. Enough small patches of residual native forest remained in some areas to provide the necessary seed sources for the natural restoration of the original forest cover types. Natural succession under red pine plantations has provided a wonderful, albeit serendipitous, example of our ability to restore, over relatively short periods of 60–80 years, some of our most valuable and increasingly rare, late-successional, native forest types, many of which are currently experiencing widespread decline in population numbers and population sizes. With purposeful thinning, natural succession can be promoted and accelerated to speed the recovery of these original forest types. Eventually, hardwood species (e.g., sugar maple (*Acer saccharum*), American beech (*Fagus grandifolia*), yellow birch (*Betula alleghaniensis*), hickories (*Carya spp.*), black cherry (*Prunus serotina*), white ash (*Fraxinus americana*), etc.) and shade-tolerant conifers (e.g., red spruce (*Picea rubens*) and hemlock (*Tsuga canadensis*)), which are difficult to establish on cleared areas, will begin to encroach on and ultimately dominate these pine plantations.

Red pine was widely used as a plantation species during the early years of forest management in Canada because it was very easy to grow, plant, and establish in large-scale plantations on very dry, harsh, impoverished sites. During the 1960s and 1970s, much research activity, aimed at reestablishing some of our most commercially valuable, long-lived, shade-tolerant trees, showed how difficult and expensive it was to establish shade-adapted, late-successional tree species on open, exposed sites that had been cleared of forest. A much more efficient approach may be to establish a nurse crop of red pine, poplars (*Populus spp.*), or willows (*Salix spp.*) near remaining native seed sources of these shade-tolerant species or to plant these species directly under existing plantations. The series of photographs on page 1 shows the process of natural succession from barren, highly wind-eroded, former agricultural sites to the establishment of a red pine plantation, followed by encroachment of an array of native, shade-tolerant hardwood species similar to those that dominated forest cover before European settlement. These original, pre-settlement, pre-deforestation forest types are among the richest sources of biodiversity that we have in the eastern temperate zone of North America, and also provide a variety of commercially valuable wood.

Tree plantations can be managed for multiple purposes, including biodiversity conservation, yet also fulfill society's need for wood fiber. It is not necessary to copy the agricultural model, whereby we destroy all potentially competing life forms under a tree plantation in order to maximize wood production. Forest plantations provide an important silvicultural "tool" for managing natural succession to restore long-lived, shade-adapted trees of late-successional forest types. These forests regenerate naturally through gap-replacement dynamics, and are self-perpetuating in the absence of catastrophic stand-replacing disturbances, such as the wildfires that dominate Canada's boreal forests. Forest sector expertise in plantation forestry can play a vital role in the protection and conservation of declining, late-successional forests. These forests and their associated biodiversity are especially vulnerable to such forestry practices as clearcutting, and the drive toward shorter forest harvest rotations.

A. Masseler
Atlantic Forestry Centre

Tree Seed Symposium July 18-21, 2006 Fredericton, New Brunswick

Recent Advances in Seed Physiology and Technology

The Tree Seed Physiology and Technology Working Group 2.09.00 of the International Union of Forestry Research Organizations will hold its next symposium July 18-July 21, 2006 in Fredericton, New Brunswick, Canada. The IUFRO Seed Physiology and Technology Working Group is an open group and welcomes all interested people to attend.

The goal of the symposium is to discuss forest tree seed problems and their solutions, and for the exchange of information on all aspects of forest tree seed physiology and biotechnology.

For more information, visit the Tree Seed Symposium website at http://www.tss2006.org

Forum on "Conservation of Forest Genetic Resources: Challenges, Issues and Solutions" - July 28-29, 2006, Charlottetown, PE

This Forum brings together researchers and practitioners working in the area of forest gene conservation. The focus will be on a proposed structure and function of a national program to conserve forest genetic resources. For more information, contact Dale Simpson at (506) 452-3530 or via email at dsimpson@nrcan.gc.ca.

Continued from pg 2... On the track of the past of our conifers

the Appalachian Mountains in the United States, which was genetically distinct from another one located east of the mountain range. During the extended glacial periods, the northern part of the Appalachia would have been glaciated, limiting gene exchange between both populations. Such a physical barrier would have allowed their genetic diversity to drift in different directions and becomes distinct. A similar pattern was found for black spruce. Because of the genetic distinctiveness of jack pine Maritimes populations, we also hypothesize that a third glacial population was presumably located on the unglaciated northeastern coastal area in Canada. This hypothesis is also supported by botanists and entomologists who consider the existence of this refuge essential to explain the present-day distribution of arctic and boreal species in northeastern Nova Scotia.

Recommendations

Canada has made international commitments to conservation and sustainable use of biological diversity through several international conventions. To ensure that we make sustainable use of our forest genetic resources, we first must know better the origins and extent of this diversity, and how it is spatially organized. This information will help us identify potential threats to our forest genetic resources, whether they are from forestry practices or climate change. Based on the results obtained, we hypothesize that extant populations derived from glacial populations that were located either on the unglaciated coast in Canada (mitotypes XII and XIII) or east of the Appalachia in United States (mitotypes III and V) are probably better adapted to maritime conditions. Given their likely isolation from other glacial populations, such adaptation might be unique. Thus, unless there is strong evidence against this hypothesis, we recommend that any seed source movement between the Maritimes and the regions west of the province of Quebec and vice versa should be avoided. Moreover, in situ conservation decisions should also take into account the phylogeographical structure delineated. Thus, we recommend protecting populations in each of the three regions because they originate from genetically distinct glacial populations.

For further information, read:

Godbout, J., Jaramillo-Correa, J.P., Beaulieu, J. and Bousquet, J. 2005. *A mitochondrial DNA minisatellite reveals the postglacial history of jack pine (Pinus banksiana), a broad-range North American conifer*. Molecular Ecology 14: 3497-3512.

Jaramillo-Correa, J.P., Beaulieu, J. and Bousquet, J. 2004. *Variation in mitochondrial DNA reveals multiple distant glacial refugia in black spruce (Picea mariana), a transcontinental North American conifer*. Molecular Ecology 13: 2735-2747.

Jean Beaulieu
Laurentian Forestry Centre
Julie Godbout, Juan Pablo Jaramillo-Correa, Jean Bousquet
Canada Chair in Forest and Environmental Genomics

Contact us

Canadian Forest Service
Headquarters
580 Booth Street, 8th Floor
Ottawa, ON
K1A 0E4
(613) 947-9060
(613) 947-9015

Canadian Forest Service
Atlantic Forestry Centre
P.O. Box 4000
Fredericton, NB
E3B 5P7
(506) 452-3500
and
P.O. Box 960
Corner Brook, NL
A2H 6J3
(709) 637-4900

Canadian Forest Service
Laurentian Forestry Centre
1055 du P.E.P.S.
P.O. Box 10380
Stn. Sainte-Foy, PQ
G1V 4C7
(418) 648-3335

Canadian Forest Service
Great Lakes Forestry Centre
1219 Queen St. E.,
Sault Ste. Marie, ON
P6A 5M7
(705) 949-9461

Canadian Forest Service
Northern Forestry Centre
5320 - 122 Street
Edmonton, AB
T6H 3S5
(780) 435-7210

Canadian Forest Service
Pacific Forestry Centre
506 West Burnside Rd.
Victoria, BC
V8Z 1M5
(250) 363-0600

Publication info

Volume 10 No. 1 - Spring 2006
ISSN 1206-7210
Forest Health and Biodiversity News is published regularly by the Atlantic Forestry Centre, Canadian Forest Service, Natural Resources Canada.

Correspondence and article submissions may be directed to:
Canadian Forest Service
Atlantic Forestry Centre
P.O. Box 4000
Fredericton, NB, Canada
E3B 5P7

http://www.atl.cfs.NRCan.gc.ca

Printed in Canada on ChorusArt Silk a 50% recycled paper containing 15% post-consumer waste.
© Her majesty the Queen in Right of Canada, 2006

SCF SERVICE CANADIEN DES FORÊTS

Santé & biodiversité des forêts Nouvelles

Volume 10, N°. 1, printemps 2006

Restauration de la biodiversité naturelle dans les plantations forestières

Le rôle des forêts plantées (p. ex. d'espèces indigènes adaptées aux régions forestières d'intérêt) et des plantations forestières (habituellement des monocultures où l'on utilise souvent des espèces d'arbres exotiques) dans la préservation de la biodiversité est une question controversée. Il n'existe pas de réponse simple ou unique à la question suivante : « Les plantations forestières sont-elles bonnes ou mauvaises pour le maintien de la biodiversité? » En général, les gens perçoivent les avantages esthétiques des forêts naturelles et considèrent les plantations sous un éclairage négatif. Les rangées de grands arbres droits où l'on ne voit que très peu de diversité structurale et compositionnelle sont souvent ni esthétiques, ni plaisantes, ni intéressantes et ne sont pas non plus particulièrement riches sur le plan de la biodiversité. Il est clair que si l'on remplace des forêts matures composées de mélanges d'espèces rares de succession tardive par des plantations contenant une espèce de conifère unique, la biodiversité forestière connaîtra un recul sérieux, quoique pas nécessairement permanent. Cependant, il existe aussi de nombreux exemples dans lesquels des forêts plantées et des plantations forestières peuvent être avantageuses pour le maintien de la biodiversité, car elles assurent un lien entre des parcelles de forêt naturelle au sein du paysage, facilitant ainsi la dispersion et le flux génétique au sein de populations plus petites et isolées qui autrement pourraient ne pas survivre dans un paysage très fragmenté. Les plantations peuvent servir de cultures-abris et permettent à des espèces tolérantes à l'ombre et de succession tardive de se développer. Elles peuvent en outre protéger les habitats riverains, restaurer l'écologie de sites dégradés et améliorer la qualité de l'eau, de l'air et du sol.

Figure 1. La succession naturelle : de la terre nue (a) des plantations de pins (b et c) suivies de types de forêts de fin de succession datant de la précolonisation.

De vastes superficies de l'Est du Canada — anciennement dominées par des forêts mixtes et des forêts de feuillus de succession tardive de la zone tempérée, riches du point de vue biologique ont été défrichées à des fins agricoles durant la période de colonisation européenne, de 1700 à 1900. On peut encore voir aujourd'hui une partie de la désertification résultante. La figure 1a montre une vieille souche de pin blanc (*Pinus strobus*) avec son système radiculaire exposé après une érosion éolienne sévère découlant de la déforestation. Ce genre d'érosion s'est produit sur de vastes zones du Centre de l'Ontario. À partir de 1910 jusqu'à l'époque de la Dépression des années 1930, on a planté du pin rouge (*Pinus resinosa*) dans un grand nombre de ces zones afin de protéger les sites contre une érosion éolienne supplémentaire. À mesure que ces plantations de pins devenaient matures, bon nombre n'ont pas été considérées pour alimenter en bois l'industrie des pâtes et papiers, car le pin rouge ne convient pas bien à la fabrication du papier. Ces plantations abandonnées ont fourni un couvert ou une « culture-abri » pour le rétablissement de la biodiversité naturelle. Il est resté suffisamment de petites parcelles de forêt indigène résiduelle dans certaines zones pour fournir les sources de semences nécessaires à la restauration naturelle des types de couvert forestiers d'origine.

Suite à la page 5

Sur la trace du passé de nos conifères 2

Transfert de technologie et santé des forêts : diffuser la recherche 3

Abaissement potentiel de la productivité des stations forestières par la récolte d'arbres entiers et de la biomasse 4

Ressources naturelles Canada | Natural Resources Canada

Canada

Durant le Pléistocène, le continent nord-américain a subi de nombreux épisodes de glaciation. Le dernier a atteint son apogée il y a environ 18 000 ans alors que la couche de glace couvrait pratiquement tout le territoire canadien. Ainsi, la plupart des espèces ont dû se retirer au sud du front glaciaire. Lorsque le climat s'est réchauffé, c'est à partir de ces endroits qu'elles ont migré vers le nord pour constituer un ensemble de populations qui forment aujourd'hui leur aire de répartition. La biogéographie historique tente d'éclaircir et d'expliquer la dynamique spatio-temporelle qui a conduit aux populations naturelles actuelles. Traditionnellement, toute inférence à l'égard d'événements du passé était faite à partir des données recueillies sur les fossiles. Depuis quelques décennies, la phylogéographie, une science issue de la biogéographie, tente elle aussi de reconstituer le passé des espèces vivantes, mais en prenant aussi en compte les informations à l'égard de la distribution géographique de leur variation génétique.

Les marqueurs moléculaires, spécifiquement les marqueurs cytoplasmiques (mitochondriaux et chloroplastiques), constituent des outils puissants de phylogéographie. Ils permettent de tester des hypothèses sur l'existence de refuges lors des glaciations et les routes probables de migration pour la recolonisation du territoire. Ainsi, des populations naturelles, qui seraient issues de populations ancestrales génétiquement distinctes s'étant trouvées dans des refuges, sont susceptibles de présenter encore aujourd'hui des différences au niveau génétique. C'est en comparant ces différences d'ordre génétique entre les populations pour plusieurs espèces qu'on peut déduire le nombre de refuges glaciaires et l'histoire de la colonisation post-glaciaire.

Chez les Pinacées (la plupart des conifères), l'ADN mitochondrial est transmis aux descendants par la mère et disséminé via les graines exclusivement, et ce, contrairement aux ADN nucléaire et chloroplastique qui le sont à la fois par les graines et le pollen. Il en résulte que le flux génique (échange entre les populations) devrait être plus faible pour les marqueurs d'ADN mitochondrial. De même, les empreintes des anciennes structures génétiques des périodes glaciaires devraient encore être détectables dans les populations modernes.

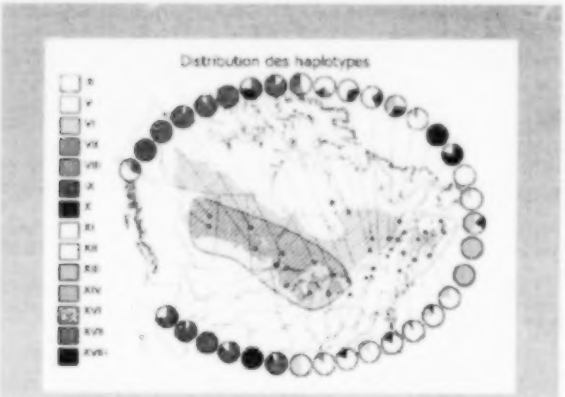


Fig. 1. Distribution géographique des mitotypes mitochondriaux dans les populations de pins gris et groupes de populations qui sont vraisemblablement issus de populations glaciaires différentes.

Fig. 2. Populations glaciaires (cercles) et routes de colonisation post-glaciaire du pin gris inférées à partir de données fossiles et d'ADN mitochondrial.

Au cours des deux dernières années, nous avons réalisé des études phylogéographiques de quelques espèces boréales à l'aide de marqueurs mitochondriaux que nous avons développés dans nos laboratoires. Le génome mitochondrial est le moins variable des trois génomes présents chez les plantes et cette caractéristique constitue un obstacle majeur pour le développement de marqueurs montrant de la variation dans l'espèce. Toutefois, nos efforts d'échantillonnage intensif du génome ont été récompensés par la découverte de marqueurs hautement informatifs.

L'analyse de la structure génétique des populations de pin gris (*Pinus banksiana*) dans toute son aire de répartition (Figure 1) nous a permis de former trois groupes de populations relativement homogènes et vraisemblablement représentatives des populations glaciaires dont la composition génétique était distincte. Le premier groupe (dominé par le mitotype bleu) couvre la région qui s'étend du Lac Huron au Yukon. Le deuxième (dominé par le mitotype jaune et autres associés) se trouve au sud-est de l'aire de répartition et rassemble principalement les populations au sud du fleuve Saint-Laurent au Québec et celles de l'est de l'Ontario. Le troisième groupe (dominé par le mitotype vert) se trouve dans les Maritimes. Un dernier groupe distinct peut aussi être observé au centre du Québec (au nord du fleuve Saint-Laurent), où l'on trouve des populations possédant un niveau de diversité plus élevé et une plus faible différenciation des populations que dans les trois premiers groupes. Un tel patron indique que cette région est une zone de contact entre les fronts migratoires des populations ancestrales colonisant les trois autres zones.

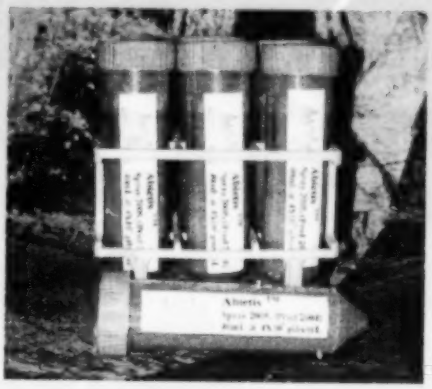
Les données fossiles disponibles et la forte structuration des populations observée dans notre étude ont permis d'étayer des hypothèses quant au nombre et à la localisation des populations et refuges de pin gris lors du dernier maximum glaciaire (Figure 2). En raison des différences marquées entre les populations du sud-est et de l'ouest, une des

Suite à la page 6

Depuis 1998, le Service canadien des forêts (SCF) de Ressources naturelles Canada s'occupe activement de la santé des forêts et de la recherche sur la biodiversité. Ce qui fait du SCF un organisme de recherche remarquable est sa capacité à transmettre les données et les connaissances générées par la recherche aux aménagistes forestiers. De nombreux organismes réalisent d'excellentes recherches qui aident à répondre aux questions concernant notre écosystème forestier, mais il importe de transférer ces recherches de manière opportune à ceux qui ont besoin de l'information et de la technologie, ainsi que des outils mis au point grâce à l'application de ces recherches.

Le SCF a adopté une vision large du transfert de technologie. Dans les milieux universitaires et commerciaux, transfert de technologie signifie principalement protéger cette technologie et la transférer par l'attribution de licences. Au SCF, nos activités dans ce domaine se décrivent mieux comme un transfert de connaissances, c'est-à-dire faire en sorte que l'information provenant des laboratoires et des articles scientifiques soit mise en pratique. Cette tâche peut être accomplie grâce à divers mécanismes, notamment la tenue de colloques, d'ateliers et de visites sur le terrain, ainsi qu'à l'aide de notes technologiques et d'information, d'articles publiés dans la presse et des activités traditionnelles de protection et d'attribution de licences. L'idée est de faire correspondre la méthode de transfert à la technologie et aux besoins des utilisateurs éventuels. Si la recherche porte sur des méthodes d'éclaircie améliorées qui accroissent la résistance à la maladie chez certaines espèces d'arbres, les utilisateurs potentiels pourraient être des aménagistes forestiers sur des terres privées ou publiques. L'obtention d'un brevet et l'attribution de licences pour cette information ne seraient ni efficaces ni appropriées pour diffuser l'information aux utilisateurs potentiels, parce que cette information ne peut pas être protégée par un brevet, et qu'il est peu probable que le groupe d'utilisateurs ciblé acquerrait une licence. En outre, il serait pratiquement impossible d'assurer l'observation des termes de la licence. Cependant, la tenue d'un colloque accompagné d'une visite dans une zone de démonstration transférerait beaucoup plus efficacement aux utilisateurs prévus le savoir acquis grâce à la recherche.

Les brevets peuvent être très utiles lorsqu'on a affaire à une technologie qui nécessite, avant la fabrication, un développement plus poussé de la part d'un fabricant. Si la technologie est destinée à être livrée par une tierce partie, dans une machine, un programme informatique ou une formulation, alors sa protection et l'attribution d'une licence à son égard ont du sens. Toute tierce partie qui prévoit participer à la création d'une technologie nécessitera une certaine garantie d'exclusivité. L'un des types de technologie qui se prêterait très bien à cette approche serait une formulation chimique servant à lutter contre les ravageurs. La fabrication, la vente et la distribution d'une formulation servant à la lutte contre les ravageurs se font par l'entremise d'une tierce partie issue du secteur privé. La meilleure façon d'attirer les demandeurs de licence éventuels est de leur offrir la possibilité de fabriquer et de vendre un produit en garantissant que ce dernier ne pourra pas être légalement copié par un concurrent.



Le virus Abietiv™, qui est utilisé pour la répression du diprion du sapin baumier, a été mis au point par le SFC - Atlantique et a été homologué par Forest Protection Limited.

La forme de protection intellectuelle dépend de la technologie. Il est facile d'obtenir un brevet pour un produit chimique ou une machine, tandis que ce n'est pas le cas pour un logiciel. Les logiciels sont normalement protégés par un droit d'auteur. Les virus d'origine naturelle utilisés dans la lutte contre les ravageurs ne peuvent pas non plus être facilement protégés par un brevet, mais ils doivent néanmoins être enregistrés pour pouvoir être utilisés au Canada et aux États-Unis. Le processus d'enregistrement est long et coûteux. Grâce à l'attribution d'une licence, une entreprise obtient la possibilité d'utiliser une formulation (que le SCF a enregistrée) tout en conservant un avantage concurrentiel. De plus, l'enregistrement préalable peut représenter un incitatif attrayant si le domaine d'utilisation de la formulation est très restreint et si le coût de la demande et du maintien d'un brevet n'est pas justifié. Dans certains cas, la simple protection conférée par une marque de commerce enregistrée est suffisante pour intéresser une entité commerciale.

Au cours des 15 dernières années et plus, le SCF a participé à la protection de technologies et à l'attribution de licences relatives à celles?ci. Toutefois, le principal motif qui a incité l'attribution de licences à l'égard de technologies n'a pas été la génération de recettes, mais plutôt l'ajout de valeur aux recherches que nous effectuons et au savoir que nous générons dans le cadre de notre mandat, lequel consiste à appuyer la compétitivité de notre secteur forestier. L'une de nos licences les plus anciennes concerne le piège à insectes Luminoc®. Le licencié, Comlab Inc., à Québec, fabrique et vend le piège Luminoc®, qui est une technologie brevetée. Une autre technologie qui a été collectivement mise au point par le SCF et l'industrie est le *Chondrostereum purpureum*. Ce champignon est utilisé comme agent de lutte biologique sur les végétaux à feuilles caduques. Cette technologie a été mise au point en collaboration avec Mycologics Inc., une petite entreprise en démarrage de l'Université de Victoria qui négocie actuellement une licence y ayant trait.

Des chercheurs au Centre de foresterie de l'Atlantique du SCF ont découvert un virus d'origine naturelle qui permet de lutter contre le diprion du sapin. En raison du marché très limité de ce produit (ce ravageur pose actuellement un problème seulement à Terre-Neuve et au Labrador), l'obtention d'un brevet n'était pas justifiée. Par conséquent, on a négocié l'attribution d'une licence pour l'enregistrement de Abietiv™ auprès de Forest Protection Limited (FPL), qui possède l'expérience en pulvérisation aérienne nécessaire pour offrir Abietiv™ à sa clientèle.

Le transfert de la technologie du SCF est directement lié à notre mission, qui consiste à améliorer l'aménagement durable des forêts canadiennes. En transférant la technologie par divers moyens, les aménagistes forestiers peuvent avoir l'accès à de nouveaux outils dans le but d'améliorer l'état de nos forêts. Les efforts du SCF en recherche et en transfert de technologie ont fait en sorte que les Canadiens, y compris nos clients, bénéficient de la valeur pratique et des avantages de la technologie, ce qui se traduit par une forêt saine et un secteur forestier fort.

Joseph Anastasi,
Administration Centrale,
Service canadien des forêts

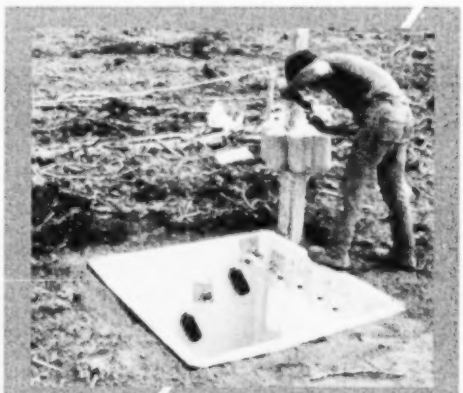
Abaissement potentiel de la productivité des stations forestières par la récolte d'arbres entiers et de la biomasse

Dans une récente étude, on a trouvé que la biomasse résiduelle (sciure, copeaux et écorce) provenant du secteur forestier manufacturier canadien est déjà utilisée pour la production d'énergie. Par conséquent, l'hypothèse voulant que cette biomasse forestière puisse soutenir une portion accrue des besoins en énergie du pays exigerait l'utilisation des déchets résiduels provenant des stations de récolte forestière.

Les systèmes de récolte mécanique varient à l'échelle du Canada, les méthodes de récolte d'arbres entiers (AE), moins coûteuses, prédominent dans le Centre et l'Ouest, tandis que les méthodes par bois tronçonnés (MBT) sont les principales méthodes utilisées dans les Maritimes. En Ontario et dans l'Ouest, les grandes quantités d'AE qui généraient des déchets de coupe à teneur élevée en éléments nutritifs et que l'on brûlait auparavant au bord du chemin sont maintenant considérés comme une source facilement accessible de biocarburant. On propose de se servir de ce carburant pour approvisionner les grandes usines permanentes de « pyrolyse rapide » (Dynamotive Canada) et les petites usines mobiles montées sur camion, lesquelles produiront une bio-huile transportable à faible coût qui constitue la première étape de la conversion de grandes quantités de biomasse en combustible liquide. En Suède et en Finlande, les MBT, qui distribuent au hasard les résidus de récolte et les éléments nutritifs végétaux qu'ils contiennent, sont les principales méthodes de récolte forestière. En Finlande, la fiscalité, conçue pour conserver les coûteux combustibles fossiles et répondre aux engagements de Kyoto relatifs aux gaz à effet de serre, encourage la collecte des résidus de récolte riches en éléments nutritifs pour alimenter d'immenses centrales thermiques et électriques (CTE) de 500 à 700 mégawatts. Cette mesure a mené au développement et à la propagation de l'utilisation de botteleuses servant à mettre en liasses le bois non commercialisable ainsi que les cimes, les branches et les résidus d'éclaircie riches en éléments nutritifs pour les manipuler et les transporter facilement hors de la forêt. En outre, l'enlèvement des rémanents de récolte provenant des blocs de coupe diminue le coût de la préparation des sites pour la plantation.

La biomasse forestière provenant du Nouveau-Brunswick est déjà vendue à des CTE du Maine, et l'écorce est exportée vers une usine de granulat de la Nouvelle-Écosse. Les fermetures d'usines de pâtes et papiers ont entraîné une réduction forcée des prix commandés par le bois. De plus, en raison de l'instauration d'une remise fédérale de 0,01 $ par kilowatt-heure dans le cadre du Programme d'encouragement à la production d'énergie renouvelable (PEPER), on observe un intérêt accru pour l'utilisation de la biomasse dans la production d'électricité, de chaleur et de combustible liquide pour véhicules automobiles.

Les botteleuses de rémanents provenant d'Europe sont mises en démonstration et annoncées en Amérique du Nord. Deux liasses de rémanents contiennent l'équivalent en énergie d'environ un baril de pétrole ou 170 mètres cubes de gaz naturel.



Étude des solutions du sol après l'exploitation forestière.

Lorsque les botteleuses fonctionnent à pleine capacité, le coût de traitement d'un baril d'équivalent pétrole (BEP) à partir de biomasse forestière provenant d'une station de coupe de bois tronçonné peut être aussi peu élevé que 12 à 14 $. À mesure que la rareté de l'énergie non renouvelable continue de susciter une escalade des prix de l'énergie fossile classique, on observera une pression croissante en faveur de la collecte des résidus de récolte, lesquels ont une teneur en éléments nutritifs beaucoup plus élevée que les résidus de bois de pulpe, de bois de sciage et de placages.

Il existe de nombreuses preuves historiques selon lesquelles, avant que les engrais commerciaux ne soient disponibles sur le marché, la collecte du feuillage riche en éléments nutritifs provenant de la couverture morte des forêts européennes et leur utilisation comme litière à bestiaux suivie de leur épandage dans les champs cultivés ont causé de sérieux changements dans la composition des espèces d'arbres, une réduction de la biodiversité, une acidification des sols, un appauvrissement des éléments nutritifs et une réduction de la croissance forestière. Des études coordonnées réalisées à grande échelle en Nouvelle-Zélande et aux États-Unis il y a 25 ans et portant sur divers degrés d'enlèvement de la biomasse provenant de stations de récolte forestière ont corroboré les observations faites antérieurement concernant l'appauvrissement des sols forestiers en Europe. Les résultats de recherches effectuées récemment en Finlande, qui montrent des réductions de 8 à 12 % des taux de croissance dans des révolutions de pins et d'épinettes suivant une récolte d'AE, indiquent que dans de nombreuses stations forestières l'enlèvement des rémanents riches en éléments nutritifs qui s'y trouvent ne serait pas durable. D'autres études réalisées dans les Maritimes soulèvent des préoccupations quant au maintien de la productivité à long terme dans quelques stations pauvres; ces préoccupations sont associées à l'élimination du calcium qui survient même lorsqu'on procède à la récolte des tiges seulement (et de l'écorce riche en nutriments qu'elles portent), mais les méthodes de récolte d'AE ont été signalées comme étant problématiques dans de nombreux types de stations d'exploitation en raison de l'élimination importante du calcium, de l'azote et du potassium contenus dans les petites branches, dont le ratio écorce - bois est élevé, et le feuillage qu'elles portent. Les précipitations acides peuvent entraîner une réduction des éléments nutritifs en l'absence de toute récolte, et cette réduction est exacerbée par la plantation de conifères à racines peu profondes dont le feuillage est très acide.

Bien que dans certaines exploitations du Nord de l'Europe, on laisse sécher les résidus de récolte forestière pendant plusieurs mois avant de les recueillir et de les enlever du site afin que la majeure partie du feuillage riche en éléments nutritifs tombe au sol, il n'existe pas jusqu'à présent au Canada de lignes directrices visant à réduire au minimum le risque de diminution à long terme de la productivité des stations due à l'enlèvement de la biomasse. Les protestations exprimées par les tenants de l'exploitation avec collecte des résidus, selon lesquelles l'élimination des éléments nutritifs pourrait être compensée par l'ajout d'engrais chimiques, ne tiennent pas compte de l'augmentation prohibitive du coût des engrais qui a lieu à mesure que les prix de l'énergie non renouvelable s'accroît et que la disponibilité de celle-ci diminue.

Contrairement aux problèmes évidents que soulève l'élimination des éléments nutritifs par les méthodes de récolte d'AE et le bottelage des rémanents, les méthodes de bois tronçonnés répartissent les cimes et les branches, lesquelles protègent le sol de l'exposition directe à la lumière solaire après la récolte. En effet, dans les stations où a eu lieu une récolte d'AE, la chaleur est

Suite à la page 5

suite de la page 1... Restauration de la biodiversité naturelle

La succession naturelle qui a eu lieu sous le couvert des plantations de pins offre un exemple merveilleux, quoique d'un hasard heureux, de notre capacité à restaurer, sur des périodes relativement courtes de 60 à 80 ans, certains de nos types de forêts indigènes de succession tardive les plus précieux et de plus en plus rares, dont beaucoup subissent actuellement un déclin étendu de leur population et de la taille des individus. Au moyen d'une éclaircie volontaire, on peut favoriser la succession naturelle et accélérer la restauration de ces types de forêts d'origine. Finalement, des espèces de feuillus (p. ex. l'érable à sucre [*Acer saccharum*], le hêtre à grandes feuilles [*Fagus grandifolia*], le bouleau jaune [*Betula alleghaniensis*], les caryers [*Carya spp.*], le cerisier tardif [*Prunus serotina*], le frêne blanc [*Fraxinus americana*] etc.), les conifères tolérants à l'ombre (p. ex. l'épinette rouge [*Picea rubens*] et la pruche du Canada [*Tsuga canadensis*]), qui sont difficiles à établir dans des zones éclaircies, empiéteront sur ces plantations de pins et finiront par y dominer.

Le pin rouge a été largement utilisé comme espèce destinée aux plantations durant les premières années d'aménagement forestier au Canada, parce qu'il est facile à faire pousser, à planter et à établir dans de grandes plantations situées sur des terrains appauvris et très secs. Au cours des années 1960 et 1970, beaucoup de recherches visant à rétablir certaines de nos espèces tolérantes à l'ombre les plus précieuses commercialement et les plus durables ont montré combien il est difficile et coûteux d'établir des espèces d'arbres de succession tardive adaptées à l'ombre sur des sites forestiers ouverts et exposés suite à une coupe. Il serait peut-être plus efficace de procéder en établissant une culture-abri constituée de pins rouges, de peupliers (*Populus spp.*) ou de saules (*Salix spp.*) à proximité de sources indigènes restantes de semences d'espèces tolérantes à l'ombre ou en plantant ces espèces directement sous le couvert de plantations existantes. La série de photographies de la figure 1 illustre le processus de succession naturelle qui transforme d'anciens sites agricoles nus très érodés par le vent en une plantation de pins rouges, où l'on observe ensuite un empiètement par une gamme d'espèces indigènes de feuillus tolérants à l'ombre semblables à celles qui dominaient le couvert forestier avant la colonisation européenne. Ces types de forêts qui existaient avant la colonisation et la déforestation font partie des sources de biodiversité les plus riches que nous rencontrons dans la zone tempérée de l'Est de l'Amérique du Nord; ils fournissent en outre un éventail de bois à valeur commerciale.

Les plantations d'arbres peuvent être aménagées dans des buts multiples, incluant la préservation de la biodiversité, mais aussi pour combler les besoins de la société en fibres ligneuses. Il n'est pas nécessaire de copier le modèle agricole, c'est-à-dire détruire toutes les formes de vie potentiellement concurrentielles vivant dans une plantation d'arbres pour maximiser la production de bois. Les plantations forestières offrent un outil sylvicole important pour gérer la succession naturelle d'une façon qui restaure les types de forêts constituées d'arbres tolérants à l'ombre de succession tardive et de grande longévité. Ces forêts se régénèrent naturellement en raison de la dynamique de remplissage des trouées et se perpétuent elles-mêmes lorsqu'elles ne subissent pas de perturbations désastreuses qui remplacent les peuplements, tels les feux de forêt qui sont fréquents dans les forêts boréales canadiennes. L'expertise du secteur forestier en matière de plantation forestière peut jouer un rôle crucial pour la protection et la préservation des forêts de succession tardive dont le nombre diminue. Ces forêts et la biodiversité associée sont spécialement vulnérables aux pratiques comme la coupe à blanc et la tendance vers la réduction des périodes de révolution entre les récoltes forestières.

A. Masseler
Service canadien des forêts

excessive et il se produit une décomposition microbienne rapide et une lixiviation des éléments nutritifs vers l'extérieur de la rhizosphère jusqu'à ce qu'une première végétation de succession non cultivée s'établisse. On a trouvé que le réchauffement du sol qui résulte de l'enlèvement des rémanents se fait sentir profondément dans le profil pédologique. On a également constaté que des méthodes de récolte de remplacement, qui limitent la taille des ouvertures dans le couvert forestier à une largeur de moins de deux fois la longueur d'un arbre, diminuent la gravité du réchauffement du sol après la récolte.

Nos recommandations générales sont les suivantes. Il serait bon d'adopter de plus en plus les méthodes de CLP, plus coûteuses, dans l'ensemble du Canada, en particulier dans les stations pauvres en éléments nutritifs, afin de favoriser le maintien de la productivité à long terme et il faudrait porter une grande attention aux méthodes de récolte forestière qui éliminent plus que le bois de fût.

Taumey Mahendrappa et Peter Salonius
Centre de foresterie de l'Atlantique

Symposium sur les semences d'arbres, du 18 au 21 juillet 2006, à Fredericton, Nouveau-Brunswick

« Progrès récents en physiologie et en technologie des semences »

Le groupe de travail 2.09.00 sur la physiologie et la technologie des semences de l'Union internationale des instituts de recherches forestières tiendra son prochain symposium du 18 au 21 juillet 2006, à Fredericton, au Nouveau-Brunswick (Canada). Le groupe de travail sur la physiologie et la technologie des semences est ouvert à tous, et il invite toute personne intéressée à participer.

Le symposium a pour but de discuter des problèmes liés aux semences d'arbres forestiers et des solutions envisagées et d'échanger sur tous les aspects de la physiologie et de la biotechnologie des semences d'arbres forestiers.

Pour plus d'informations, visitez http://www.tss2006.org

Forum sur la conservation des ressources génétiques forestières : défis, enjeux et solutions – les 28 et 29 juillet 2006, à Charlottetown (Î.-P.-É.)

Ce forum réunit des chercheurs et des spécialistes du domaine de la conservation des gènes forestiers. On y mettra l'accent sur la structure et le rôle proposés d'un programme national de conservation des ressources génétiques forestières. Renseignements : Dale Simpson, par téléphone au (506) 452-3530, ou par courriel à l'adresse dsimpson@nrcan.gc.ca

hypothèses vraisemblables est qu'il y avait une population glaciaire située à l'ouest des Appalaches aux États-Unis et dont la composition génétique était différente d'une autre située à l'est de la chaîne de montagnes. Lors du retour de l'espèce vers le nord, la partie nord des Appalaches serait restée couverte de glace suffisamment longtemps pour empêcher les échanges entre les deux populations. De telles barrières physiques auraient favorisé la constitution de compositions génétiques distinctes. Un patron similaire a aussi été trouvé chez l'épinette noire. En raison de la composition génétique distincte des populations de pin gris des Maritimes, nous avons également posé l'hypothèse qu'une troisième population glaciaire était vraisemblablement située sur le plateau continental non recouvert de glace à l'époque, à l'est du Canada. Cette hypothèse est aussi avancée par des botanistes et entomologistes qui considèrent cette hypothèse essentielle pour expliquer la présence actuelle d'espèces boréales et arctiques au nord-est de la Nouvelle-Écosse, par exemple.

Recommandations

En adhérant à des conventions internationales, le Canada a pris des engagements à l'effet de conserver et de faire une utilisation durable de la diversité biologique. Une telle utilisation durable des ressources génétiques forestières ne peut se faire qu'à la condition que nous connaissions mieux l'origine, l'ampleur et la répartition spatiale de cette diversité. Ces informations nous aideront à identifier les menaces potentielles venant de pratiques forestières inappropriées ou des changements climatiques. Sur la base des résultats présentés ci-dessus, nous pensons que les populations actuelles de pin gris qui sont issues des populations glaciaires du plateau continental au Canada (mitotypes XII et XIII) et de l'est des Appalaches aux États-Unis (mitotypes III et V) sont probablement mieux adaptées aux conditions maritimes. Ainsi, à moins d'une démonstration claire que cette hypothèse s'avère non fondée, nous recommandons d'éviter des transferts de sources de semences entre les Maritimes et les régions situées à l'ouest de la province de Québec, et ce, dans les deux directions. De plus, toute décision quant à la conservation in situ des ressources génétiques devrait être prise en tenant compte de la structure phylogéographique qui a été mise à jour. Aussi, nous recommandons que des populations soient protégées dans chacune des trois régions décrites ci-haut puisqu'elles proviennent selon toute vraisemblance de populations glaciaires différentes.

Pour informations supplémentaires, consulter :

Godbout, J., Jaramillo-Correa, J.P., Beaulieu, J. and Bousquet, J. 2005. ***A mitochondrial DNA minisatellite reveals the post-glacial history of jack pine (Pinus banksiana), a broad-range North American conifer.*** Molecular Ecology 14: 3497-3512.

Jaramillo-Correa, J.P., Beaulieu, J. and Bousquet, J. 2004. ***Variation in mitochondrial DNA reveals multiple distant glacial refugia in black spruce (Picea mariana), a transcontinental North American conifer.*** Molecular Ecology 13: 2735-2747.

Jean Beaulieu
Centre de foresterie des Laurentides
Julie Godbout, Juan Pablo Jaramillo-Correa, Jean Bousquet
Chaire du Canada en génomique forestière et environnementale

Centres du SCF

Service canadien des forêts
Administration centrale
580 Booth Street, 8e étage
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4
(613) 947-9060
(613) 947-9015

Service canadien des forêts
Centre de foresterie de l'Atlantique
C.P. 4000
Fredericton (Nouveau-Brunswick)
E3B 5P7
(506) 452-3500
et
C.P. 960
Corner Brook (Terre-Neuve-et-Labrador)
A2H 6J3
(709) 637-4900

Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
C.P. 10380
succ. Sainte-Foy, Québec (Québec)
G1V 4C7
(418) 648-3335

Service canadien des forêts
Centre de foresterie
des Grands Lacs
1219, rue Queen E.,
Sault Ste. Marie (Ontario)
P6A 5M7
(705) 949-9461

Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Nord
5320 - 122 rue
Edmonton (Alberta)
T6H 3S5
(780) 435-7210

Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Pacifique
506 Chemin Burnside ouest
Victoria (Colombie-Britannique)
V8Z 1M5
(250) 363-0600

Publication

Volume 10 No. 1 - printemps 2006
ISSN 1206-7210
Santé et biodiversité des forêts Nouvelles est publié régulièrement par le Centre de foresterie de l'Atlantique, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada.

Veuillez envoyer vos commentaires et articles à l'adresse suivante :
Service canadien des forêts
Centre de foresterie de l'Atlantique
C.P. 4000
Fredericton (Nouveau-Brunswick), Canada
E3B 5P7

http://www.atl.scf.RNCan.gc.ca

Imprimé au Canada sur ChoroArt Silk papier recyclé à 50% et contenant 15% de déchets de consommation.
© Sa Majesté la Reine chef du Canada, 2006